©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Plasmakonfigurationen und Inhaltskörper in Blütenzellen von *Platanthera bifolia* (L.) Rich.

Von Dr. Hermann Germ

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien

Mit 7 Textabbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Juni 1947)

Die Perianthkreise von *Platanthera bifolia* bestehen aus einem äußeren Kreise von drei reinweißen Perigonblättern und einem inneren Kreise von Blättern, die fast immer grünlichgelb oder gelblich sind, der ungeteilten Lippe mit dem langen Sporn und den zwei seitlichen locker zusammenneigenden Bättern (Tepalen).

Die geöffneten Blüten strahlen einen intensiv würzigen, nelkenähnlichen Duft aus, der auch mit dem der Maiblume (vgl. Wangerin-Schröter, 1932) verglichen wurde.

Zerlegt man eine Anzahl von Blüten in ihre Blütenteile und legt in einzelne Schälchen die gleichen Teile zusammen, so fällt es nicht schwer, als den Sitz des starken Duftes die Bätter des inneren Perianthkreises zu erkennen, wobei als wenig oder gar nicht duftend von der Lippe noch der Sporn auszuscheiden ist. Es ist dabei zu bemerken, daß der Duft der Blüten, vom Aufblühen angefangen, sich zu starker Intensität steigert, um mit dem Altern der Blüten schließlich zu verschwinden.

Die Feststellung, welche Blütenteile besonders intensiven Duft ausstrahlen, erscheint darum erwähnenswert, weil gerade diese Teile der Blüte Epidermiszellen aufweisen, in denen Inhaltsstoffe während des Blühverlaufes sichtbar umgewandelt bzw. verbraucht werden.

Außerdem weisen die Epidermiszellen dieser Blätter eine eigentümliche Konfiguration des Plasmas auf, die von der der übrigen Epidermiszellen so weitgehend abweicht, daß auch aus

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

diesem Grunde die Protoplaste dieser Zellen einer näheren Betrachtung wert erscheinen.

Die hier mitgeteilten Beobachtungen stammen aus den Jahren 1946/47. Es standen mir Pflanzen aus dem Wienerwald (westlicher und südlicher Teil) und aus den Salzburger Tauern (Kleinarl, 1050 m) zur Verfügung.

Die ersten Untersuchungen habe ich an den Epidermiszellen des Labellums gemacht. Die Verhältnisse liegen hier am schönsten offenbar. Vergleichsweise wurden jeweils die Epidermiszellen der beiden Tepalen untersucht. Die Epidermiszellen dieser Blätter verhielten sich im wesentlichen gleich.

Aus vielen Beobachtungen ging hervor, daß junge und alte Epidermiszellen ein verschiedenes Bild zeigen. Es gehen mit dem Beginne des Aufblühens Veränderungen der Plasmakonfiguration und der Inhaltskörper vor sich. Untersucht man von einem Blütenstand Blüten aus verschiedener Achsenhöhe, so kann man gleichzeitig die ansonsten aufeinanderfolgenden Stadien, wie sie sich in einer Zelle abspielen, nebeneinander beobachten. Da das häufigste, weil am längsten währende Bild, das sich für gewöhnlich dem Betrachter bietet, Zellen mittleren Alters sind, so sei deren Beschreibung vorangestellt.

Die Plasmakonfigurationen der Epidermiszellen des Labellums (ohne Sporn).

Blüten aus der Mitte eines voll erblühten Blütenstandes. Die Epidermiszellen sind, von oben gesehen, rechteckig bis polygonal sechseckig, die Membran zeigt an der Oberseite eine feine Riefung. Im Querschnitt zeigt sich eine geringe Membranverdickung nach außen. Ansonsten bieten die Zellen anatomisch das gleiche Bild wie viele andere Epidermiszellen. Ganz anders ist der Bau des Protoplasten. Ober- und Unterseite des Labellums weisen dabei sowohl hinsichtlich des anatomischen Baues wie der Plasmakonfiguration keine wesentlichen Unterschiede auf.

Flächenschnitte zeigen, von oben betrachtet, folgendes Bild: Die Hauptmasse des Plasmas befindet sich an der unteren Membranfläche; es bildet einen großen, stark gekörnelten Haufen, der kugelig zusammengeballt bis flächig ausgebreitet zumeist etwa ein Drittel der Membranfläche bedeckt; seltener ist die ganze Bodenfläche vom Plasma eingenommen. Im Plasma eingebettet liegt der ungewöhnlich große Kern.

Von dieser kugeligen oder flächigen (systropheartigen) Ballung des Plasmas verzweigt sich dieses zu derben zackigen Strängen in den Zellsaftraum. Die derben Stränge lösen sich nach außen in feine und feinste Fäden auf; diese durchziehen als Plasmaraumgitter den Vakuolenraum und liegen als feines Plasmanetz an der oberen Membranwand. Die Plasmaballung am Grunde der Zelle ist erfüllt von feinen und groben Mikrosomen, fetzige, dem Aussehen nach stark lipoidhältige Anteile lassen das Plasma als eine sehr inhomogene Masse erscheinen. In den Strängen und Fäden verliert das Plasma dieses Aussehen, es ist insbesondere im oberen netzigen Wandbelag nur mehr von winzigen Mikrosomen erfüllt. Bei genauerer Beobachtung ist fast immer in den zarten Plasmafäden Strömung zu erkennen.

Je nachdem, von welcher Seite (Ober- oder Unterseite) man einen Flächenschnitt betrachtet, bietet sich dem Beschauer mikroskopisch ein ganz verschiedenes Bild. Von oben her sieht man ein feinmaschiges Plasmanetz und bei tieferer Einstellung ein Plasmaraumgitter, das nach unten zu immer dichter und undurchsichtiger wird.

Von der Schnittseite her betrachtet sieht man eine grob gekörnelte Plasmaballung und von ihr umhüllt den großen Kern. Außerdem sieht man hier auch oft plastidenähnliche Gebilde, auf die später noch zurückzukommen sein wird.

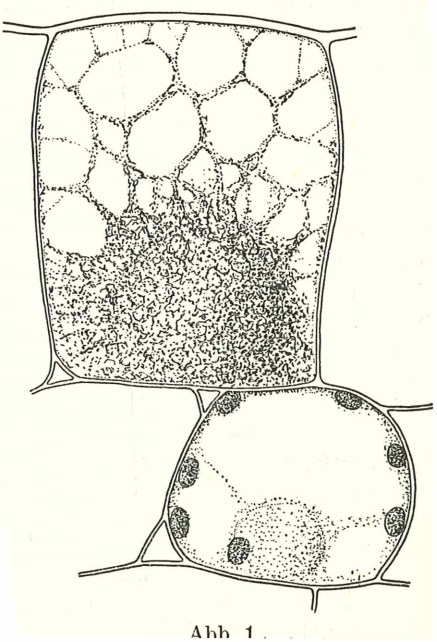

Abb. 1.

An Querschnitten, die freilich nur sehr kurzlebig sind, lassen sich die geschilderten Einzelheiten weit besser beobachten (hiezu Abb. 1).

Junge Blüten (vom apikalen Ende der Blütenachse). In den Epidermiszellen sind Plasmakonfigurationen kaum zu erkennen. Die Zellen sind dicht erfüllt von Plasma und Inhaltskörpern und der Kern liegt am Grunde der Zelle oder dem Zellengrunde stark genähert.

Was in diesen jungen Zellen besonders auffällt, sind

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

rundlich geformte, farblose Inhaltskörper von Plastidengröße, die in so großer Zahl vorhanden sind, daß die Zellen von ihnen erfüllt erscheinen. Wenn man ältere Zellen ansicht, ist es leicht möglich, diese Körper zu übersehen oder sie dem Plasma selbst einzuordnen, da sie dort kleiner sind und sich in einem Zustande der Desorganisation befinden. Vergleicht man junge und ältere Zellen nebeneinander, so erkennt man unschwer in den älteren Zellen in verschiedenen fetzigen Gebilden und kleinen Körnchen die plastidenähnlichen Gebilde der jungen Zellen wieder (hiezu Abb. 2: junge Zelle, von oben gesehen).

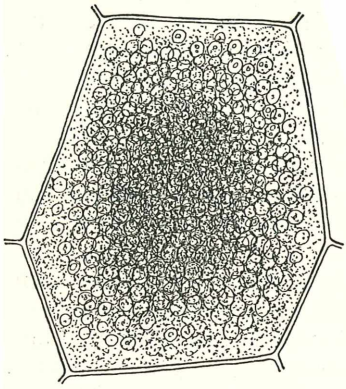

Abb. 2.

Alte Blüten (vom basalen Ende des Blütenstandes). Die Epidermiszellen des Labellums weisen ähnliche Plasmakonfigurationen auf wie die Zellen mittleren Alters mit den Unterschieden, daß die Masse des Plasmas geringer erscheint, daß weniger Plasmastränge die Vakuole durchziehen und von den vorher erwähnten plastidenähnlichen Gebilden noch weniger zu erkennen ist als in den Zellen mittleren Alters. Der sonst nur undeutlich sichtbare Zellkern ist hier klar zu sehen.

Die plastidenähnlichen Inhaltskörper.

Sie sind, wie erwähnt, vor allem in jungen Blüten bzw. im Jugendzustand der Zellen deutlich zu sehen. Sie sind farblos, von rundlicher Gestalt, etwa 3—4 μ groß und weisen meist in der Mitte eine oder zwei Vakuolen auf (Abb. 3). Bei Plasmolyseversuchen und sonstiger Beobachtung ist zu erkennen, daß sie leicht deformierbar sind; ihre zähflüssige Natur steht schon nach kurzer Betrachtung außer Frage.

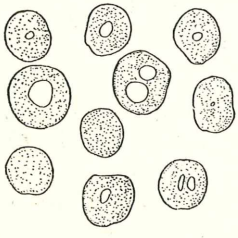

Abb. 3.

Ich gebe im folgenden eine kurze Charakteristik ihres Verhaltens gegen einige Reagenzien und Farbstoffe:

Jodtinktur oder Jodjodkali: In kurzer Zeit meist Zerfall oder selten ganz leichtes Dunkelwerden.

Sudan III: Keine Färbung,

Alkannin: Keine Färbung.

Essigsäure: Zumeist sofortiger Zerfall und Zusammenfließen zu netzähnlichen Massen.

Alkohol: Wie Essigsäure.

Äthyläther, Tetrachlorkohlenstoff, Azeton: Wie Essigsäure.

OsO_4: Fast immer augenblickliche Zerstörung und Schwärzung eines geringen Teiles des Zerfallproduktes. Ansonsten wie Essigsäure.

Gemisch von konzentrierter alkoholischer Lösung von Pikrinsäure und Sublimat: Zumeist Fixierung.

Millons Reagens: Einwirkung auf die mit Pikrinsäure und Sublimat fixierten Körper gibt orangegelbliche bis hauchrosa Färbung.

Vitalfärbung mit Methylenblau: Keine Färbung.

Vitalfärbung mit Janusgrün: Äußerst geringe Anlagerung von Farbstoff.

Vitalfärbung mit Chrysoidin: Speicherung, Gelbfärbung.

Silbernitrat: Schwärzung von kleinen Teilpartien der Inhaltskörper.

Aus dem Verhalten gegenüber den hier genannten Reagenzien und Farbstoffen geht hervor, daß die fraglichen Körper neben einem Eiweißanteil einen hohen Lipoidanteil enthalten. Welchen der bekannten Inhaltskörper sie zuzuordnen sind, ist, abgesehen davon, daß ich keine embryonalen Zellen untersucht habe, um so schwerer zu entscheiden, als die Begriffsabgrenzung verschiedener plasmatischer Gebilde heute noch zur Diskussion steht.

Ich möchte nur erwähnen, daß beispielsweise die Anlagerung von Janusgrün als typisch für Mitochondrien angesehen werden kann (vgl. Guilliermond, 1933, und Hirsch, 1939, S. 23ff.); desgleichen erwähnt Küster (1935, S. 282) zur Kennzeichnung für Chondriosomen ihr Verhalten gegenüber Fixiermitteln: „Durchaus zerstörend wirken Alkohol, Essigsäure ... die Chondriosomen werden sofort deformiert, fließen zu netzähnlichen Massen zusammen .. Schonender wirken Pikrinsäure in wässeriger Lösung, Sublimat, Formol .. Guilliermond (1917) u. a. nehmen an, daß die Chondriosomen aus Lipoproteiden bestehen, und daß Alkohol und manche andere Fixiermittel die Lipoidbestandteile beseitigen und den Eiweißrest angreifbar machen."

Die gebotene Vorsicht, unbekannte und irgendwie nicht sofort einzuordnende Gebilde nicht einfach als Chondriosomen u. dgl. ohne weiters zu bezeichnen, läßt es in unserem Falle besonders dringlich erscheinen, die schon äußerlich so sehr den Plastiden bzw. Leukoplasten ähnlichen Gebilde auf ihre Abstammung oder Zuordnung zu diesen zu untersuchen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wenn man die Leukoplasten als den von den Chloroplasten am weitest abgeleiteten Typus der Plastiden betrachtet, — der im übrigen keine nähere Beziehung zu den Chondriosomen aufweist (vgl. Geitler, 1934) —, so nimmt es nicht wunder, daß diese gerade bei einer sehr weit abgeleiteten Familie, wie den Orchideen, in besonders schöner Prägung zu finden sind. Es sind denn auch die Leukoplasten in den Epidermiszellen der Blätter und Stengel bei den verschiedensten Orchideen zur Demonstration dieser Gebilde besonders geeignet.

Neben den hier behandelten Epidermiszellen der Blätter des inneren Perianthkreises von *Platanthera bifolia* finden wir Zellen, die nicht diesem Extremtypus angehören. Dies ist insbesondere in den Tepalen der Fall, wo nur die Randpartien dem hier geschilderten Typus angehören. In diesen Tepalen sind nun Übergangszellen zu finden, die auch in ihrem Gehalt an Plastiden sowohl quantitativ als auch qualitativ Übergangsformen von „normalen" Leukoplasten zu den hier behandelten anscheinend weitgehend veränderten Plastiden aufweisen.

Degenerierte oder abgeleitete Plastiden gibt es vielerlei (vgl. Küster, 1937, S. 107 ff.). Insbesondere in Blütenblättern sind Leukoplasten gefunden worden, die zu leichtem Zerfall oder schaumiger Degeneration neigen. Aus obiger Zusammenstellung der Behandlung mit verschiedenen Reagenzien geht bereits diese Labilität und die Neigung zur vakuoligen Degeneration der plastidenartigen Gebilde bei *Platanthera bifolia* hervor. Die im folgenden geschilderten Versuche geben weitere Aufschlüsse.

Änderung der Plasmakonfiguration durch äußeren Einfluß.

Im Kapitel über die Inhaltskörper wurde erwähnt, daß diese bei Behandlung mit verschiedenen Reagenzien zu netzähnlichen Massen zerfließen. Der ganze Zellsaftraum ist dann von einem Wabensystem erfüllt; es entsteht der Eindruck eines grobschaumigen Protoplasmas, wobei aber doch die Konfiguration offensichtlich von den zerstörten Inhaltskörpern bestimmt wurde. Was dort unter dem Einfluß von Fixiermitteln erreicht wird, kann gleicherweise im Leben durch äußere, keineswegs als schwer schädigend zu bezeichnende Einflüsse eingeleitet werden.

Alte Epidermiszellen des Labellums, deren Inhaltskörper an Zahl und Masse stark reduziert sind, zeigen sich gegen verschiedene äußere Einwirkungen sehr resistent. Sie besitzen einen mäßig hohen osmotischen Wert (Grenzplasmolyse bei etwa 0,50 GM Traubenzucker); durch Zentrifugieren kann man den Zellinhalt

schwer verlagern und auf länger dauernde Plasmolyse (12 bis 24 Stunden) reagiert die Zelle mit normaler Plasmasystrophe (vgl. Germ, 1932/33).

Wesentlich labiler ist die Plasmakonfiguration in jüngeren Zellen. Durch Behandlung mit verschiedenen Reagenzien, nach längerem Liegen der Schnitte in aqua dest., durch leichten Druck auf das Deckglas und meist auch durch Plasmolyse tritt rasch eine intensive Änderung der Plasmakonfiguration ein. Es geschieht das gleiche wie meist bei allen früher genannten Fixiermitteln: Die Zelle wird erfüllt von einem dichten, oft feinsten Schaum und es entsteht eine dichtwabige Plasmakonfiguration, wie man sie in solch feinster Ausprägung nur selten findet (Abb. 4).

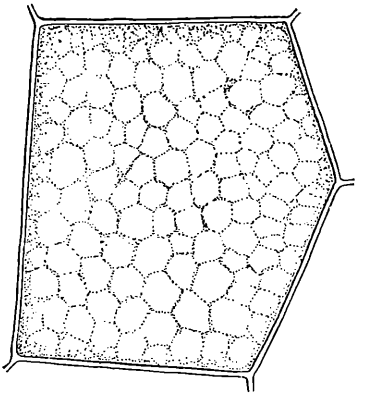

Abb. 4.

Untersucht man Zellen, die noch sehr große und viele „Plastiden" enthalten, dann kann man erkennen, daß die feinen Waben aus dem Zerfall der Plastiden hervorgehen: Diese vergrößern sich und die Randpartien zerfließen miteinander. Ist die Zelle noch ganz erfüllt von großen Plastiden, dann fällt es oft schwer zu entscheiden, ob eine derartige Entmischung bereits eingetreten ist, da die entstandenen Waben oft nur wenig größer sind als die ursprünglichen Plastiden. Das Gerüst der Waben besteht aus den konsistenteren Teilen der Plastiden, die als solche vom übrigen Plasma meist noch zu unterscheiden sind, da sie als fettglänzende Tropfen und kleine, stärker lichtbrechende Teilchen übrigbleiben und sich mit dem übrigen Plama nicht vermischen.

Behandelt man derartige Zellen mit OsO_4, dann sieht man, daß sich Teile dieser Plastidenreste schwärzen. Gleicherweise färben sich Teile mit Chrysoidin und es ist anzunehmen, daß es sich hiebei um die Lipoidanteile der Plastiden handelt.

Eingangs wurde erwähnt, daß Zellen mittleren Alters, die also ein verhältnismäßig grobes Plasmanetz zeigen, in diesem größere und kleinere fetzige Gebilde enthalten; weiters scheinen in den Strängen selber derartige Gebilde stark fädig in die Länge gezogen zu sein. Bei Behandlung mit OsO_4 sieht man, daß außer kleinen Anteilen dieser Gebilde auch einzelne Konturen der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Plasmastränge sich schwärzen (hiezu Abb. 5). Auch hier scheint es sich um die lipoiden Überreste von Plastiden zu handeln, die mit dem Plasma nicht verschmolzen sind.

Erwähnt möge noch werden, daß auch bei Behandlung feinschaumiger Protoplaste mit Silbernitrat kleinste Teilchen der Wabenkonfiguration nach wenigen Stunden Schwärzung zeigen. Es handelt sich dabei immer um kleine Teilgebilde, die vor der Schwärzung als selbständige Gebilde nicht zu erkennen sind. Eine Zelle, die unmittelbar nach dem Schneiden derartige Schaumstruktur zeigte und mit Silbernitrat behandelt wurde, zeigt Abb. 6. Auch hier sind kleine Teilchen stark geschwärzt.

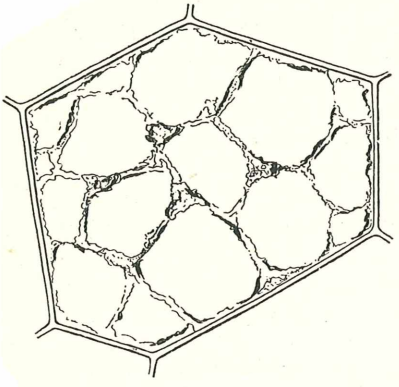

Abb. 5.

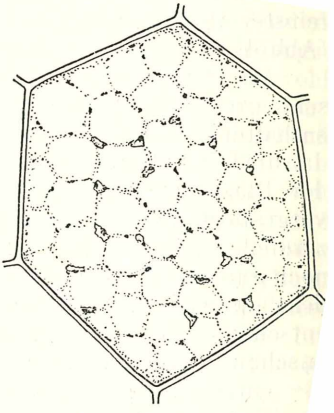

Abb. 6

Daß diese kleinen, sich schwärzenden Teilchen tatsächlich den Plastiden angehörten, bewiesen mit Silbernitrat behandelte Schnitte, deren Plastiden keinen Zerfall zeigten; nach zwei- bis dreistündiger Behandlung waren nicht die ganzen Plastiden, sondern nur kleine Teilchen von ihnen geschwärzt.

Plasmolysiert man jüngere Zellen, so ergeben sich gegenüber den älteren, die, wie erwähnt, nichts Besonderes zeigen, größere Unterschiede. Erst bei 1,0 GM Traubenzucker tritt Grenzplasmolyse[1] ein. Schon in so schwach hypertonischen Lösungen erfolgt in der Regel ein völliger Zerfall der Plastiden; die Zelle ist

[1] Ein rasches Absinken der osmotischen Werte während der Anthese kurzlebiger Blüten hat zuerst Bancher (1938) an Iris und Gladiolus beobachtet.

dann von größeren und kleinsten Vakuolen erfüllt, welch letztere dann oft zu größeren zusammenfließen. Der Inhalt der Vakuolen sieht oft fettig glänzend aus, während die dazwischenliegenden Lamellen völlig hyalin erscheinen und von den ansonsten so deutlich sichtbaren lipoiden Gebilden nichts zu sehen ist. Läßt man solche Schnitte einige Tage in den Lösungen liegen, so treten weitere Entmischungen ein, wobei es schwer fällt zu entscheiden, welche von den sich weiter abspielenden Veränderungen bereits als postmortale zu bezeichnen sind. Deplasmolysiert man Schnitte, die noch keine weitgehenden Entmischungen aufweisen, so erhält man nach kurzer Zeit eine stark schaumige Plasmakonfiguration.

Bei allen Versuchen ergab sich, daß eine stattgefundene Auflösung der Plastiden irreversibel war.

Die Tepalen.

Die Epidermiszellen dieser Perigonblätter weisen nicht in ihrer Gesamtheit die für das Labellum typischen Plasmakonfigurationen auf. Es sind lediglich die Zellen des Randes der Blätter abweichend in ihrer Plasmakonfiguration, während die Zellen aus dem mittleren Teile als gewöhnliche, völlig „normale" Epidermiszellen anzusprechen sind.

Betrachtet man letztere, so fällt überhaupt kein Unterschied gegenüber anderen Zellen auf; man würde zumal keine Zweifel an der Natur der farblosen Plastiden, der Leukoplasten, hegen, die in normaler Zahl vorhanden und keineswegs vakuolisiert sind und die gewöhnliche Verteilung in der Zelle (einige um den Zellkern, andere im Wandbelag) zeigen. Wenige Plasmastränge durchziehen in diesen Zellen die Vakuole.

Wesentlichen Aufschluß geben jene Zellen, die zwischen der Randpartie und dem mittleren Teile des Blattes liegen. Sie stellen einen Übergang dar, sowohl was die Plastiden als auch die Plasmakonfiguration und schließlich den Zellkern betrifft:

1. Man sieht, daß die Leukoplasten gegen den Rand des Blattes zu stärker vakuolisiert sind und daß sie Verfallserscheinungen aufweisen.

2. Die Plasmafäden nehmen an Zahl zu.

3. Der Zellkern, der in den Zellen der Blattmitte eine mehr „zufällige" Lagerung aufweist, zeigt offensichtlich die Tendenz, die Unterseite der Zellen zu bevorzugen.

4. Die Zellkerne erscheinen nach außen in stetigem Übergang wesentlich vergrößert.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zellen aus der Übergangszone zeigt Abb. 7. Die in Punkt 1 bis 3 erwähnten Tatsachen bedürfen keiner weiteren Diskussion; die in Punkt 4 erwähnte war näher zu verfolgen.

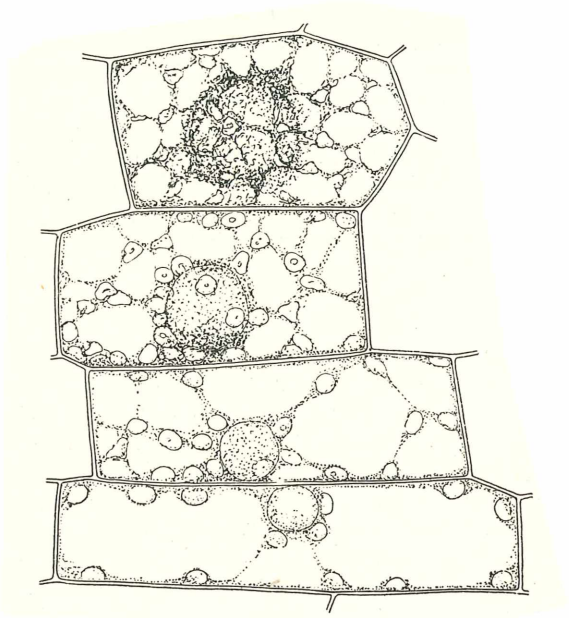

Abb. 7.

Kerngröße.

Schon eingangs wurde der überdurchschnittlich große Kern in den abweichend gebauten Epidermisprotoplasten erwähnt. Im folgenden gebe ich Durchschnittsgrößen der Zellkerndurchmesser aus Epidermiszellen verschiedener Blütenblätter.

Blätter des äußeren Perianthkreises: 10 bis 14 μ.

Labellum: 21 bis 26 μ.

Sporn: 9 bis 10 μ.

Tepalen: Randzone 21 bis 26 μ, Übergangszone 14 bis 21 μ, Mitte 9 bis 14 μ.

Es ist daraus festzuhalten, daß den in bezug auf Plasma und Inhaltskörpern so reich ausgestatteten Zellen große Zellkerne eigen sind und außerdem gleitende Übergänge zu den gewöhnlichen normalen Zellen zu finden sind.

Kristalle.

Erwähnt sei noch, daß ich in ganz wenigen Exemplaren von *Platanthera bifolia* in den Epidermiszellen des inneren Perianthkreises doppeltbrechende, amorph aussehende Kristalloide gefunden habe. Sie geben nach längerer Vorbehandlung mit organischen Lösungsmitteln mit Millons Reagens eine schwache Eiweißreaktion.

Zusammenfassung.

Träger des starken, nelkenähnlichen, würzigen Duftes von *Platanthera bifolia* (L.) Rich. sind die Perigonblätter des inneren Perianthkreises.

Die Epidermiszellen des Labellums und der Randzonen der Tepalen zeigen typische Plasmakonfigurationen: In jugendlichen Blättern liegt der Kern am Grunde der Zellen. Diese sind erfüllt von Plasma und plastidenähnlichen, chondriosomenartigen Gebilden. Mit dem Altern der Blüten verschwinden die Inhaltskörper; sie degenerieren. Ihre Substanz wird vielleicht zum Teil verbraucht. Mit der Degeneration der Inhaltskörper und deren Verbrauch läuft parallel die Ausbildung feiner und feinster Plasmastränge, wobei es oft zur Ausbildung einer grobschaumigen Struktur im ganzen Protoplasten kommt. Die Ausgangszentren der einzelnen Waben sind die sich auflösenden Inhaltskörper.

Es gelang der Nachweis, daß die beschriebenen Inhaltskörper nicht Chondriosomen, sondern Leukoplasten sind. Die Typenverwandtschaft mit diesen wird vor allem durch Übergangsformen, die sich in den Epidermen der Tepalen finden, erwiesen.

Durch Einwirkung von Reagenzien, Stoß, Druck sowie Plasmolyse entsteht unter schnellem Zerfall der Plastiden in kürzester Zeit eine grobschaumige Konfiguration des Plasmas. Diese ist irreversibel.

Die Zellkerne der durch ihren Inhalt und Plasmakonfiguration abweichenden Epidermiszellen des inneren Perianthkreises sind stark vergrößert, sie sind linear bis dreimal so groß wie die der anderen Epidermiszellen der Perianthblätter.

Es ist wahrscheinlich, daß zwischen der Duftentwicklung der Blüten und dem Zerfall der Inhaltskörper und der Kernvergrößerung in den beschriebenen Epidermiszellen ein kausaler Zusammenhang besteht.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Literatur.

Bancher, E., Zellphysiologische Untersuchungen über den Abblühvorgang bei *Iris* und *Gladiolus*. Österr. Botan. Zeitschr., 87, 1938.
Geitler, L., Grundriß der Cytologie. Borntraeger, Berlin 1934.
Germ, H., Untersuchungen über die systrophische Inhaltsverlagerung in Pflanzenzellen nach Plasmolyse. I—III. Protoplasma, 14, 17, 18, 1932/33.
Guilliermond, A., Mangenot, G. et Plantefol, L., Traitè de cytologie végétale. Paris 1933.
Hirsch, G. Chr., Form- und Stoffwechsel der Golgi-Körper. Protopl.-Monogr., 18. Borntraeger, Berlin 1939.
Küster, E., Pathologie des Protoplasmas. Protopl.-Monogr., 3, I. Borntraeger, Berlin 1929.
— Die Pflanzenzelle. G. Fischer, Jena 1935.
— Pathologie der Plastiden. Protopl.-Monogr., 13, II. Borntraeger, Berlin 1937.
Molisch, H., Mikrochemie der Pflanze. G. Fischer, Jena 1921.
Wangerin, W.-Schröter, C., Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, 1. Ulmer, Stuttgart 1932.